

# 양적으로는 세계 수준 이제는 질적수준 높일 때

글 | 오세정 \_ 서울대학교 자연과학대학장, 물리학 sjoh@plaza.snu.ac.kr

우리 나라의 과학기술은 지난 40여 년 사이에 괄목할 만하게 발전하였다. 사실 1967년 과학기술처가 발족할 당시만 해도 국내의 과학기술계는 황무지나 다름없었다. 과학기술을 제대로 연구하는 연구 기관이나 대학교는 없었고, 연구 기자재나 시설, 특히 연구 인력이 극히 부족하여 외국에서 활동하고 있는 과학기술자들의 한국 유치가 정부의 가장 중요한 정책 목표 중의 하나였다.

하지만 40년이 지난 지금, 한국의 과학기술은 세계적으로도 인정받는 수준으로 발전하였다. 물론 미국이나 일본, 유럽 등의 전통적인 과학기술 선진국에 비하여는 아직도 뒤떨어지는 점이 많지만, 개발도상국이나 신흥 국가 중에서는 상당히 앞서가는 수준이라고 평가되고 있다. 이제 이 시점에서 현재 우리 과학기술의 정확한 위치와 세계 속의 위상을 살펴보는 것이 향후 우리 나라에 적합한 과학기술 정책을 선택하기 위해서 필요할 것이다.

## 총연구개발비 · 연구원수 세계 10위권 내외

한 나라의 과학기술 수준을 평가하는 기준으로는 여러 가지가 있을 수 있다. 가장 간단한 기준으로는 과학기술 관련 사업에 투입되는 자원의 양을 국제적으로 비교하는 방법이 있을 것이다. 예를 들어 과학기술 연구개발에 투입되는 국가의 총연구비 규모는 그 나라에서 연구개발이 얼마나 활발한가를 나타내주는 척도가 될 것이고, 정부 재정에서 투입되는 연구비 규모는 정부의 관심도를 표시한다고 생각할 수 있을 것이다.

우리 나라의 경우 지난 2005년도에 연구개발비로 쓰인 총금액은 24조1천554억 원(약 236억 달러)로서 절대 금액으로는 아직도 미국(3천125억 달러, 2004년 기준), 일본(1천459억 달러, 2004년

기준), 독일(684억 달러, 2004년 기준) 등 전통적인 선진국에 비하여는 많이 떨어지나, 이탈리아, 캐나다와는 비슷한 수준까지 성장하여 세계 10위권 내외에 있다. 이러한 총연구개발비가 GDP에서 차지하는 비중은 2.99%로서 일본의 3.13%에는 약간 못 미치지만, 미국의 2.68%나 독일의 2.49%보다는 높은 수준으로서, OECD 국가 중에서도 상당히 높은 상위권(8위)에 속한다.

또한 인구 1인당 연구개발비를 비교하면 2004년도 기준으로 한국은 403달러로서 미국(1천63달러), 일본(1천142달러), 독일(829달러), 프랑스(712달러) 등 전통적인 선진국의 1/2 내지 1/3 수준이나, 구매력으로 환산한 경우에는 한국이 588ppp 달러로서 독일(717ppp 달러), 프랑스(627ppp 달러) 등과의 격차는 많이 좁혀진다. 이처럼 한국의 연구개발 투자는 이미 중진국 수준은 넘어서서 선진국 수준으로 쫓아가는 단계라고 할 수 있다.

이러한 연구개발비 규모의 증가는 주로 민간 부문의 적극적인 연구개발 투자에 기인한다. 국가 총연구개발비에서 정부 및 공공기관이 부담하는 비율을 보면 한국의 경우 2005년도에 24.3%로서, 미국(2004년도 36.3%) 이나 독일(2004년도 30.7%), 캐나다(2004년도 43.8%), 프랑스(2003년도 40.9%), 영국(2003년도 36.8%) 등 대부분의 OECD 선진국에 비하여 뒤진다. 다만, 일본(2004년도 기준, 24.9%)과 핀란드(2004년 기준 27.5%), 스위스(2004년 기준, 25.0%) 등이 우리 나라와 비슷한 수준이다.

하지만 정부의 과학기술에 관한 관심도와 일반 국민의 과학기술 연구에 대한 지지도는 높은 수준인 것으로 판단된다. 특히 참여정부에서는 '과학기술 중심사회 구축'을 주요 국정과제 중의 하나로 선정하고, 과학기술 혁신본부 및 과학기술 부총리제를 신설하는 등

과학기술 연구개발 투입요소(연구개발비, 연구원)의 국제비교

	한국	미국	일본	독일	프랑스
총연구개발비 (억불)	236('05)	3,125('04)	1,459('04)	684('04)	443('04)
GDP 대비 연구개발비	2.99%('05)	2.68%('04)	3.13%('04)	2.49%('04)	2.16%('04)
인구 1인당 연구개발비(불)	403('04)	1,063('04)	1,142('04)	829('04)	712('04)
구매력 환산 1인당 연구비 (ppp 달러)	588('04)	1,063('04)	924('04)	717('04)	627('04)
상근상당(FTE) 연구원수(명)	179,812('05)	1,334,628('02)	675,330('03)	268,942('02)	192,790('02)
인구 만명당 연구원 수 (FTE, 명)	32.5('04)	46.3('02)	53.0('04)	32.6('03)	31.2('03)
경제인구 천명당 연구원 (FTE, 명)	7.5('05)	9.1('02)	10.2('04)	6.8('03)	7.1('03)

정부 기구에서 과학기술 관련 부서의 중요도를 높이는 방향으로 개편하여 다른 국가들의 관심을 끌었던 바 있다.

다른 하나의 중요한 투입요소인 인적 자원의 경우를 보더라도 이제 우리 나라는 선진국 수준에 많이 근접해 있다. 2005년 현재 우리나라의 연구원 수는 23만4천702명(상근상당연구원 수로 환산하면 17만9천812명)으로 조사되었고, 그 중 박사급의 비중은 24.7%였다. 이러한 숫자는 40년 전 외국에서 활동하고 있는 박사급 인재를 유치하기 위해 총력을 기울였던 일에 대해 격세지감을 느끼게 한다.

우리 나라의 총연구원 수는 미국(2002년 기준 상근상당연구원 133만4천628명)이나 일본(2003년 기준 67만5천330명), 독일(2002년 기준 26만8천942명)에는 뒤지지만, 프랑스(2002년 기준 19만2천790명)에는 상당히 근접해 있고, 캐나다(2002년 기준 11만2천624명)와 이탈리아(2002년 기준 7만1천242명)는 이미 추월하여, 총 연구원 규모로는 우리 나라가 세계 10위 이내다. 인구 1만 명당 상근상당연구원 수를 보더라도 한국은 2004년에 32.5명으로서, 일본(53.0명)이나 핀란드(78.4명)에는 뒤지지만, 독일(2003년 기준 32.6명)이나 프랑스(2003년 기준 31.2명)에는 동등한 수준으로 발전하였다. 경제활동인구 1천 명당 연구원 수도 한국은 2005

년도에 7.5명(상근상당연구원 수)을 기록하여 일본(2004년 기준 10.2명), 미국(2002년 기준 9.1명)에는 뒤지나 독일(2003년 기준 6.8명), 프랑스(2003년 기준 7.1명)는 오히려 앞지르고 있어 선진국 그룹과 거의 대등한 수준에 이르렀다고 볼 수 있다.

### 발표논문수 폭발적 증가, 질적수준은 이에 못미쳐

국가별 과학기술 수준을 평가하는 또 하나의 방법으로는 산출된 성과(논문, 특허 등)를 비교하는 방법이 있을 것이다. 기초연구의 결과는 주로 논문으로 발표되므로 국가별 발표 논문의 숫자는 그 나라의 기초연구 수준을 나타낸다고 할 수 있다. 과학기술분야의 연구 논문 숫자 및 그 수준을 국제적으로 비교할 때는 주로 SCI 등 재학술지에 발표된 논문수를 사용하는데, SCI는 미국의 민간학술 정보전문기관인 ISI에서 국제적 수준에 적합하다고 인정된 학술지(2005년 현재 3천860여 종)에 수록된 논문의 서지사항 및 해당 논문을 인용하고 있는 논문에 관한 정보를 데이터베이스화한 것이다.

이 SCI에 등재된 논문 수를 보면, 1980년대 초반까지 한국은 세계 50위 부근에 머무르는 수준에 불과하였지만 그 후 한국 학자들이 발표하는 논문 수는 세계 최고 수준의 성장세를 보이면서 폭발적으로 증가하여 1996년에는 6천426편으로 세계 21위를 차지하였고, 작년인 2005년도에는 2만3천48편을 발표하여 세계 14위까지 상승하였다. 이에 따라 한국에서 발표되는 논문의 세계적 점유율도 1996년에는 0.8%에 불과하였지만, 2005년에는 2.02%로 크게 증가하였다. 이러한 논문 발표 수는 세계 1위인 미국의 29만9천771편이나 7만5천~8만 편을 생산하는 영국(2위), 일본(3위), 독일(4위) 등에 비하여는 많이 떨어지나 네덜란드(2만3천829편, 13위)나 인도(2만4천121편, 12위), 러시아(2만4천360편, 11위), 호주(2만6천802편, 10위) 등에는 상당히 근접해 있다.

이러한 발표논문의 양적 수준은 세계 10위권인 우리나라의 경제력에 상응하는 것으로 볼 수 있으며, 이들 논문의 90% 이상은 대학의 연구실에서 생산되고 있다. 대학별로 발표되는 논문 수를 보면 2005년도에 서울대학교가 3천946편을 발표하여 세계 30위를 차지하고 있고, 연세대 104위(2천25편), 성균관대 159위(1천568편), 한국과학기술원(KAIST) 175위(1천452편), 고려대 180위(1천441편), 한양대 210위(1천274편) 등으로, 연도별로 많은 대학들이 그 순위가 꾸준히 상승하고 있다. 이 같은 총발표논문 숫자는 물론 세계 1위인 미국 하버드 대학의 1만1천603편이나 2위인 일본 도쿄대의 7천184편보다는 아직 많이 뒤져 있지만, 교수 1인당 발표 논

문 수에서는 분야별로 외국의 선진연구중심대학에 상당히 근접하거나 오히려 뛰어넘은 경우도 있다.

하지만 발표된 논문의 질을 나타내는 소위 피인용도(발표된 논문이 다른 논문들에서 인용되는 횟수)에서는 아직도 세계 30위권에서 맴돌고 있어 양적인 발전을 따라가지 못하고 있는 것으로 나타난다. 최근 5년간(2001~2005년) 한국에서 발표된 논문 1편이 다른 논문에서 인용되는 피인용 횟수는 평균 3.04회로서 세계 30위이며, 1위인 미국의 6.41회에 비하여 절반에 조금 못 미치고 있다. 즉 논문은 많이 발표하지만, 그 중에서 주목받는 좋은 논문은 별로 많지 않다는 것이다.

하지만 다행스럽게도 우리 나라 논문의 피인용 횟수도 최근에 와서는 점차 개선되는 경향을 보여주고 있다. 예를 들어 논문 1편당 5년 주기별 피인용 횟수는 2003년도에는 2.63회였던 것이 2004년에는 2.80회로 증가하였고, 2005년에 3.04회로 증가한 것이다. 또한 최근 5년간 발표된 논문 중에서 1회 이상 피인용되는 논문의 비율도 56.3%로서 세계 평균비율 61.3%에 근접해가고 있다.

특히의 숫자도 세계적인 수준으로 발전하고 있다. 해외특허(PCT) 출원 건수를 보면, 우리 나라는 2005년도에 4천757건을 출원하여 당당히 세계 6위에 올라 있다. 이 숫자는 세계 1~3위를 차지하고 있는 미국(4만5천111건), 일본(2만5천145건), 독일(1만5천870건)에 비하여는 아직 많이 뒤지지만, 세계 4위와 5위인 프랑스(5천522건)와 영국(5천115건)에는 버금가는 수준으로서 우리 나라 산업기술의 발전상을 말해 준다. 또한 엄청난 적자를 기록하던 기술무역 수지비(기술 수입액 대비 기술 수출액)도 1998년에 0.06이던 것이 2005년에는 0.36으로 많이 개선되었다. 물론 이 현상은 중국을 비롯한 개발도상국으로 산업생산기지가 이전됨에 따른 기술 수출 증가가 주요 원인이어서 우리 나라의 산업 공동화와 맞물려 있지만, 어쨌든 우리의 기술이 외국으로 수출할 정도로 발전하였음을 부인할 필요는 없을 것이다.

### IMD, '한국과학기술 경쟁력 12위, 기술경쟁력 6위' 평가

이처럼 투입 요소 면이나 산출 성과 면에서 볼 때 우리 나라의 과학기술 수준은 급격히 발전하였고, 정량적인 요소의 순위로 평가할 때 우리 나라의 과학기술 수준은 총체적으로 세계 10~15위권에 있다고 판단된다. 이에 따라 국제기구나 연구소에서 평가하는 국가별 과학기술 역량 순위도 높아지고 있다. 예를 들어 국제경쟁개발연구원(IMD)에서 매년 발표하는 국가경쟁력 평가에서, 우리 나라는

2006년에 과학경쟁력 세계 12위, 기술경쟁력 세계 6위로 평가된바 있다. 이러한 순위는 한국의 국가경쟁력 총괄순위 38위보다 매우 높은 것으로서, 우리 나라에서 과학기술 연구개발 역량이 사회의 다른 혁신 역량에 비하여 높은 수준인 것을 알 수 있다.

또한 미국의 RAND 연구소도 2006년 6월에 발간한 '2020년 세계 기술혁신' 보고서에서, 29개의 분석대상국 중 한국을 미국, 독일 등과 함께 '과학선진국' 7개국 그룹으로 평가한바 있다. 그리고 2006년 2월에 경제개발협력기구(OECD)가 발간한 '성장을 향한 경제 개혁' 보고서는 한국을 미국, 일본, 스위스, 스웨덴 등과 함께 R&D 혁신의 선두권 국가로 분류하였다. 이 같은 해외의 호의적인 평가는 지난 40년간 우리 과학기술인들이 이룬 성과가 인정받았기 때문이며, 이에 대해 우리 나라의 과학기술인들은 남다른 자부심을 가질 만하다.

하지만 우리 나라 과학기술 역량은 아직도 많은 문제점과 개선할 점이 남아 있다. 아마도 가장 치명적인 약점은 아직도 질적인 수준이 정량적인 평가에 미치지 못하고 있다는 점일 것이다. 예를 들어 SCI 논문 분석에서도 발표 논문 수로는 2005년에 세계 14위지만, 발표된 논문의 질을 나타내주는 피인용도에서는 아직도 세계 30위에 머물러 있다.

또한 지난해 서울대학교의 자연과학대학과 공과대학이 해외 석학들을 초빙하여 학부(과)별 전문가 평가를 시행한바 있는데, 이 때 해외평가단들은 공통적으로 서울대가 대부분의 이공계 분야에서 세계 수준의 대학은 이미 달성하였으나, 세계 학계를 이끄는 초일류대학은 아직 되지 못한다고 지적하였다. 즉 학계의 최근 연구 동향을 잘 따라가고는 있지만, 새로운 연구 분야를 개척하거나 세계가 주목하는 연구 주제를 발굴하는 능력은 부족하다는 것이다.

이들은 서울대가 짧은 기간에 세계 수준의 대학이 된 것은 학생과 교수 등 우수한 인적 자원 때문이라고 평가하며 그 발전 속도가 매우 경이롭다고 칭찬하였으나, 이 단계를 넘어 세계의 학계를 이끄는 초일류대학이 되기에는 넘어야 할 과정이 많다고 따끔하게 지적하였다.

평가를 맡은 해외 석학들은 세계의 초일류대학이 못되는 원인으로 먼저 시설과 제도 등 인프라가 제대로 갖추어지지 못한 것을 꼽았다. 예를 들어 신입교수가 부임했을 때 정착연구비가 부족하여 제대로 된 연구를 시작하는데 너무 시간이 오래 걸리며, 연구 및 교육을 위한 행정지원이 부족하여 학생들이 이러한 업무를 수행하면서 많은 시간을 낭비하는 점, 연구 공간과 시설이 선진국의 일류 대


## ② 한국과학기술의 수준과 위상

2005년 SCI 발표 논문수 상위 20개 국가

국가명	2005년		2004년		2003년 논문수	2002년 논문수	2001년 논문수	2001~2005년 논문수
	논문수	순위	논문수	순위				
미국	299,771	1	264,991	1	274,088	254,622	258,971	1,352,443
영국	78,664	2	69,480	2	72,254	67,862	70,414	358,674
일본	75,465	3	68,711	3	75,696	69,806	71,202	360,880
독일	75,236	4	64,723	4	69,188	65,078	66,657	340,882
중국	59,543	5	46,141	6	40,864	33,867	29,684	210,099
프랑스	53,730	6	46,280	5	50,261	46,476	48,078	244,825
캐나다	43,430	7	36,494	7	37,205	33,727	33,522	184,378
이탈리아	39,553	8	34,745	8	35,837	32,257	31,930	174,322
스페인	29,648	9	25,260	9	25,191	23,589	22,895	126,583
호주	26,802	10	23,094	10	23,651	21,707	21,700	116,954
러시아	24,360	11	23,039	11	24,585	24,233	24,150	120,367
인도	24,121	12	19,902	13	20,115	17,708	17,013	98,859
네덜란드	23,829	13	20,309	12	20,968	19,205	19,166	103,477
한국	23,048	14	19,294	14	18,791	15,863	14,892	91,888
스웨덴	17,186	15	15,021	15	15,871	15,079	15,558	78,715
스위스	16,931	16	14,773	16	15,208	13,464	13,665	74,041
브라질	15,891	17	3,388	17	12,716	11,416	10,700	64,111
대만	15,710	18	12,989	18	12,498	11,014	10,785	62,996
터키	13,944	19	11,316	20	10,014	7,967	6,187	49,428
폴란드	13,147	20	11,754	19	11,696	10,480	10,070	57,147

학에 비하여 낙후된 것들이 문제라는 것이다. 이와 더불어 교수간의 선의의 경쟁 시스템이 부족한 것도 지적하였다. 교수의 승진이나 정년보장이 거의 자동적으로 이루어지고, 우수한 업적을 내는 교수에 대한 차등 급여지급 등의 보상이 충분하지 못하며, 학장과 학부(과)장의 권한과 리더십이 부족한 점이 초일류 대학으로 가는데 걸림돌로 작용한다는 것이다.

이들 평가단은 특히 세계적인 선도그룹을 리드할만한 스타 교수를 양성해야 한다고 권고하였으며, 대학원생이 연구에 전념할 수 있도록 처우를 개선하고 학제간 연구와 산학 협동을 강화할 필요가

있다고 충고하였다. 이러한 해외석학들의 충고는 우리 나라가 앞으로 진정한 과학기술 선진국으로 발전하기 위하여 시행해야 할 정책 방향을 제시하고 있는 것이다. 



글쓴이는 서울대학교 물리학과 졸업 후 미국 스탠퍼드대학교에서 박사 학위를 받았다. 국가과학기술자문회의 제8기, 제9기 위원을 지냈으며, 현재 전국자연과학대학장협의회 회장, 과학기술부·과학재단지정 우수 연구센터(SRC) 복합다체계물성연구센터 소장 등을 겸임하고 있다.